

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-066823

(43)Date of publication of 11.03.1994

application :

---

(51)Int.Cl.

G01P 13/00

G01P 5/20

---

(21)Application

04-220079

(71)Applicant TOSHIBA CORP

number :

(22)Date of filing :

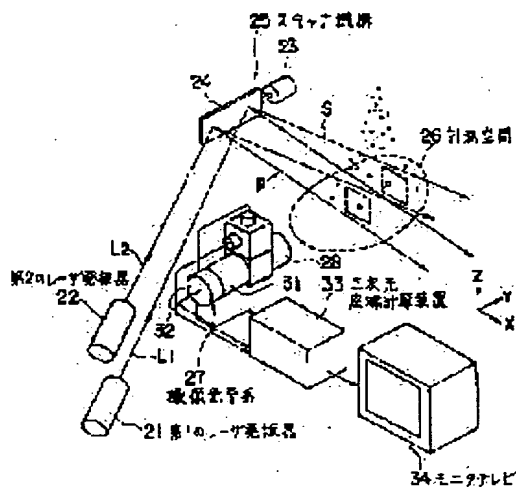
19.08.1992

(72)Inventor : FUJITA HIROSHI

---

(54) BEHAVIOR MEASURING EQUIPMENT FOR PARTICULATE

(57)Abstract:



PURPOSE: To provide a behavior detector which sensitively and reliably detects the moving direction and velocity of particulates.

CONSTITUTION: Laser oscillators 21, 22 to emit at least two laser beams different in wavelength, a scanner mechanism 25 to form the respective laser beams emitted

from the laser oscillators into mutually-parallel plane shapes for irradiating a space to be measured and a photoelectric transfer element to receive scattered beams from particulates passing through the space 26 to be measured from the direction almost perpendicular to the plane direction of the laser beams in wavelengths for photoelectric transfer are provided. Also, an image pickup optical system 27 to pick up the behavior image of particulates viewed along the direction almost perpendicular to the plane direction of the laser beams and a three-dimensional coordinate calculator 33 to three-dimensionally find the moving direction and velocity of particulates by using an image pickup signal from the image pickup optical system 27 and a photoelectric transfer signal from

the photoelectric transfer element are provided.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's

decision of rejection]

[Kind of final disposal of application

other than the examiner's decision of

rejection or application converted

registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of requesting appeal against

examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JP0 and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] A radiation means to emit at least two laser beams from which wavelength differs in the metering device which measures the behavior of the particle which passes through measurement space, The laser radiation means which fabricate each laser beam emitted by this radiation means in a respectively parallel flat-surface configuration, and the above-mentioned measurement space is made to irradiate, The light-receiving means which receives and carries out photo electric translation of the scattered light from the

above-mentioned particle which passes through the above-mentioned measurement space according to wavelength from the direction which intersects perpendicularly mostly to the direction of a flat surface of the above-mentioned laser beam, An image pick-up means to picturize the behavior of the above-mentioned particle seen from the direction of a flat surface of the above-mentioned laser beam, and the direction which intersects perpendicularly mostly, The behavior metering device of the particle characterized by providing the migration direction of the above-mentioned particle, and an operation means to find a rate in three dimensions, with the image pick-up signal of this image pick-up means, and the photo-electric-translation signal from the above-mentioned light-receiving means.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the behavior metering device of a particle used in order to measure the migration condition and rate of a particle.

[0002]

[Description of the Prior Art] For example, in manufacture of a semi-conductor, even if an about 1-micron particle adheres on a semi-conductor wafer, the manufactured semi-conductor serves as a defective. Then, the behavior of the particle in [ various / which is used by the production process of a semi-conductor ] a chamber is measured, it asks [ the ] for the source of raising dust of a particle from migration, and taking a cure is performed.

[0003] Drawing 4 shows the behavior metering device of the conventional particle. This behavior metering device is equipped with the 1st thru/or 3rd laser oscillator 1-3. The 1st laser oscillator 1 is the helium-Ne laser which outputs a red laser beam, the 2nd laser oscillator 2 is helium-Cd laser which outputs a green laser beam, and Ar laser which outputs a laser beam with the 3rd blue laser oscillator 3 is used.

[0004] Laser beam L1 -L3 outputted from each laser oscillators 1-3 Incidence is carried out to the scanner style 4. That is, the scanner style 4 consists of reflective mirror 5b in which splash actuation is carried out by motor 5a and this motor 5a, and is above-mentioned laser beam L1 -L3. It is carrying out incidence to the above-mentioned reflective mirror 5b, and reflecting in it, and is fabricated,

the laser beams s, p, and q, i.e., the flat-surface laser beams, of a flat-surface configuration parallel to Z shaft orientations of the axis of coordinates shown in this drawing. These flat-surfaces laser beams s, p, and q irradiate the measurement space 6 which is the field shown by the drawing destructive line.

[0005] A direction [ the above-mentioned measurement space 6 ] vertical to each above-mentioned flat-surface laser beams s, p, and q, i.e., picturized by the image pick-up optical system 7 from Y. This image pick-up optical system 7 comes to connect the high sensitivity Calah-camera 9 with a telephoto lens 8. The image output terminal of this high sensitivity Calah-camera 9 is connected to the input terminal of VTR11, and the image output terminal of this VTR11 is connected to the input terminal of the Calah-monitor TV 12.

[0006] By considering as such a configuration, in case a particle passes each above-mentioned flat-surface laser beams s, p, and q in the above-mentioned measurement space 6, the scattered light of the same wavelength as a flat-surface laser beam is produced in order of passage, respectively. Therefore, then, the image pick-up optical system 7 carries out the sequential image pick-up of the scattered light of each color, outputs it as a video signal, is recorded on a magnetic tape with VTR11, and is further projected on the

Calah-monitor TV 12 as an image. Thereby, the movement magnitude of a particle can be recognized now in three dimensions by the output color order and its image coordinate in the Calah-monitor TV 12.

[0007] However, according to such a configuration, since the Calah-camera 9 had to be used for detecting the behavior of a particle, it might be said on the engine performance that detection sensitivity was low. And it may be said that the scattered light from a particle must increase the output of each laser oscillators 1-3 for the Calah-camera 9 to detect good and raise \*\*\*\*\* and detection precision since it is feeble.

[0008] moreover, since the rate of a particle must be found with the scanning-line frequency of the Calah-camera 9, in order that it will be obtained if catching certainly is difficult for it when a rate is quick, it may have things and may process based on a video signal further, it has that grasp of a chip and the detection particle number is also difficult for real time nature.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, conventionally, in order that it could not detect certainly a particle with quick about [ that detection sensitivity may call it a low pile ] and rate since detection of a particle used the



Calah-camera, or it might process based on a video signal, it had a thing, like real time nature is missing.

[0010] The place which this invention was made based on the above-mentioned situation, and is made into that object is to offer the behavior metering device of the particle it enabled it to raise the detection precision of the behavior of a particle, as the scattered light from a particle can be detected with sufficient sensibility.

[0011]

[Means for Solving the Problem] In the metering device which measures the behavior of the particle to which this invention passes through measurement space in order to solve the above-mentioned technical problem A radiation means to emit at least two laser beams from which wavelength differs, and the laser radiation means which fabricate each laser beam emitted by this radiation means in a respectively parallel flat-surface configuration, and the above-mentioned measurement space is made to irradiate, The light-receiving means which receives and carries out photo electric translation of the scattered light from the above-mentioned particle which passes through the above-mentioned measurement space according to wavelength from the

direction which intersects perpendicularly mostly to the direction of a flat surface of the above-mentioned laser beam, It is characterized by providing the migration direction of the above-mentioned particle, and an operation means to find a rate in three dimensions with the photo-electric-translation signal from an image pick-up means to picturize the behavior of the above-mentioned particle seen from the direction of a flat surface of the above-mentioned laser beam, and the direction which intersects perpendicularly mostly, and the image pick-up signal of this image pick-up means and the above-mentioned light-receiving means.

[0012]

[Function] According to the above-mentioned configuration, since photo electric translation is carried out, it is detected and the behavior and the rate of the above-mentioned particle are computed by the photo-electric-translation signal and image pick-up signal, the scattered light from a particle can raise detection sensitivity and precision compared with the case of a video signal with the Calah-camera.

[0013]

[Example] Hereafter, one example of this invention is explained with reference to

drawing 1 thru/or drawing 3 . The behavior metering device shown in drawing 1 is the laser beam L1 of different wavelength, and L2, respectively. It has the 1st laser oscillator 21 to oscillate and the 2nd laser oscillator 22. The laser beam L1 by which the oscillation output was carried out from these laser oscillators 21 and 22, and L2 It is carrying out incidence to the mirror 24 of the scanner style 25 by which splash actuation is carried out, and reflecting by the motor 23, and is fabricated by the laser beam of flat-surface configuration parallel to Z direction of axis of coordinates shown in this drawing, i.e., the 1st, and 2nd flat-surface laser beam s and p. These flat-surfaces laser beams s and p irradiate the measurement space 26 which is the field shown by the drawing destructive line.

[0014] A direction [ the above-mentioned measurement space 26 ] vertical to each above-mentioned flat-surface laser beams s and p, i.e., picturized by the image pick-up optical system 27 from Y. This image pick-up optical system 27 is equipped with the telephoto lens 28. The scattered light produced in case a particle passes each flat-surface laser beams s and p in the above-mentioned measurement space 26 carries out incidence to this telephoto lens 28.

[0015] The scattered light which carried out incidence to the above-mentioned telephoto lens 28 is divided into two by the half mirror 29 as shown in drawing 2 .

After while having passed this half mirror 29, and carrying out incidence of the scattered light to an image intensifier 31 and being amplified, it is picturized with the image pick-up camera 32. The image output terminal from the above-mentioned image pick-up camera 32 is connected to the input terminal of three-dimensions coordinate count equipment 33 and a monitor TV 34.

[0016] Reflecting only the scattered light from flat-surface laser beam [ of \*\* a 1st ] s, the scattered light from flat-surface laser beam [ of \*\* a 2nd ] p carries out incidence only of the wavelength of specification [ the scattered light reflected by the above-mentioned half mirror 29 ] to the dichroic mirror 35 to penetrate. Photo electric translation of the scattered light reflected with this dichroic mirror 35 is carried out by the 1st optoelectric transducer 36, and photo electric translation of the transmitted scattered light is carried out by the 2nd optoelectric transducer 37.

[0017] The electric pulse signal (photo-electric-translation signal) outputted from each above-mentioned optoelectric transducers 36 and 37 is inputted into the above-mentioned three-dimensions coordinate count equipment 33. This three-dimensions coordinate count equipment 33 computes the passing speed of a particle so that it may mention later with the above-mentioned electric pulse

signal and the image pick-up signal from the above-mentioned image pick-up camera 32.

[0018] Below, the procedure in which the metering device of the above-mentioned configuration detects the behavior of a particle is explained.

First, the 1st and 2nd laser oscillator 21 and 22 is operated, the oscillation output of a laser beam L1 and L2 is carried out, these laser beams are reflected by the mirror 24 of the scanner style 25, and 1st flat-surface laser beam s and 2nd flat-surface laser beam p are formed in the measurement space 26.

[0019] A particle trespasses upon the above-mentioned measurement space 26, and as it is indicated in (b) as drawing 3 (a), when the particle passes through between 1st flat-surface laser beam s and 2nd flat-surface laser beam p, the travel and rate of the particle are found as follows by the above-mentioned three-dimensions coordinate count equipment 33. In addition, drawing 3 (a) shows the condition that a particle moves between 1st flat-surface laser beam s and 2nd flat-surface laser beam p which were seen from X shaft orientations of the axis of coordinates shown in drawing 1 , and drawing 3 (b) shows the migration condition of the particle in the X-Z flat surface which the image pick-up camera 32 picturized.

[0020] First, it will be divided into the scattered light which penetrates this half mirror 29, and the scattered light to reflect, if the scattered light occurs from each flat-surface laser beams s and p, that scattered light is caught with a telephoto lens 28 and incidence is carried out to a half mirror 29 by passing through the 2nd laser flat surface p, after a particle passes 1st flat-surface laser beam s. The transmitted scattered light is being amplified by the image intensifier 31 and picturized with the image pick-up camera 32, and the image pick-up signal shown in drawing 3 (b) is inputted into three-dimensions count equipment 33.

[0021] With the image pick-up signal from the above-mentioned image pick-up camera 32, the travel in the X-Z flat surface of a particle If the point of passing an A point and 2nd flat-surface laser beam p for the point that a particle passes 1st flat-surface laser beam s is made into a B point, the slant range r during a B point from the A point on the screen of a monitor TV 34 For (XA-XB) and vertical distance deltaZ, since it is (ZA-ZB), horizontal distance [ when the coordinate of (XA, ZA), and a B point is set to (XB and ZB) for the coordinate of the above-mentioned A point ] deltaX between A-B points is [0022].

[Equation 1]

$$r = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Z^2} \quad \dots(1)\text{式}$$

It comes out and asks. When the distance of flat-surface laser beam s of the above 1st and flat-surface laser beam p of the above 2nd is known and the distance is set to l, the net slip distance l<sub>AB</sub> of the above-mentioned particle is [0023].

[Equation 2]

$$l_{AB} = \sqrt{l^2 + r^2} \quad \dots(2)\text{式}$$

It comes out and asks.

[0024] On the other hand, among the scattered lights reflected by the above-mentioned half mirror 29, it reflects with a dichroic mirror 35, and photo electric translation of the scattered light from flat-surface laser beam [ of \*\* a 1st ] s is carried out by the 1st optoelectric transducer 36, and it is inputted into three-dimensions coordinate count equipment 33. Drawing 3 (c) shows the electric pulse signal at this time, and the generating time amount of that electric pulse signal is t<sub>0</sub>. It is recognized by carrying out.

[0025] If the scattered light occurs, the scattered light will penetrate a dichroic mirror 35, and photo electric translation will be carried out by the 2nd optoelectric

transducer 37, and it will be inputted into three-dimensions coordinate count equipment 33, because the above-mentioned particle passes 2nd flat-surface laser beam p. The generating time amount of the electric pulse signal at this time is  $t_1$ . It is checked by carrying out.

[0026] Thus, if time amount  $\Delta t = (t_1 - t_0)$  until it passes 2nd flat-surface laser beam p from flat-surface laser beam [ of \*\* a 1st ] s is detected as an electric pulse signal, the rate  $v$  of a particle will be that the net slip distance  $IAB$  is found from the above-mentioned (2) formula, and will be computed as follows.

$V = IAB / \Delta t$  -- (3) Formula [0027] Thus, according to this invention, since the migration condition and rate of a particle are detectable with the electric pulse signal by which photo electric translation was carried out to the image pick-up signal from the image pick-up camera 32 for every scattered light of each wavelength not using the Calah-camera, in order to raise sensibility like [ at the time of using the Calah-camera ], it is not necessary to increase the output of each laser oscillators 21 and 22. Moreover, since optoelectric transducers 36 and 37 perform detection when a particle passes each flat-surface laser beams s and p, the time amount at that time can be detected to high degree of accuracy, and the passing speed of a particle can also be computed to high degree of



accuracy by it. Furthermore, since optoelectric transducers 36 and 37 detect the scattered light even if the passing speed of a particle is high-speed, the detection can be ensured.

[0028] In addition, this invention is not limited to a up Norikazu example, but is variously deformable. For example, you may make it use the equipment which oscillates the laser beam of two or more wavelength with one equipment like an Ar ion laser instead of using two or more laser oscillators as a radiation means of a laser beam.

[0029] Moreover, as a radiation means of a laser beam, a higher harmonic is generated by making the laser beam of single wavelength put to nonlinear crystal ON, and you may make it form the flat-surface laser beam of wavelength which carries out wavelength separation of the laser beam including the higher harmonic with a dichroic mirror, and is different. Moreover, instead of a scanner style, it may be made to perform a means to form a flat-surface laser beam, with a configuration with a lens etc. Moreover, the image pick-up system of a X-Z flat surface and a detection system which is different in the scattered light and which detects for every wavelength may be the configurations of having dissociated.

[0030]

[Effect of the Invention] As stated above, this invention computed the migration condition and rate of a particle with the image pick-up means and the photo-electric-translation means which detects and carries out photo electric translation of the scattered light according to wavelength. Therefore, since the measurement can be performed without using the Calah-camera like before, it has an advantage, like detection of about [ that measurement sensibility can be raised without raising the output of a laser beam ] and its rate can also be performed with a sufficient precision.

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-66823

(43)公開日 平成6年(1994)3月11日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 P 13/00  
5/20

識別記号

E

庁内整理番号

F 7907-2F

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1(全 5 頁)

(21)出願番号 特願平4-220079

(22)出願日 平成4年(1992)8月19日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 藤田 博

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株

式会社東芝生産技術研究所内

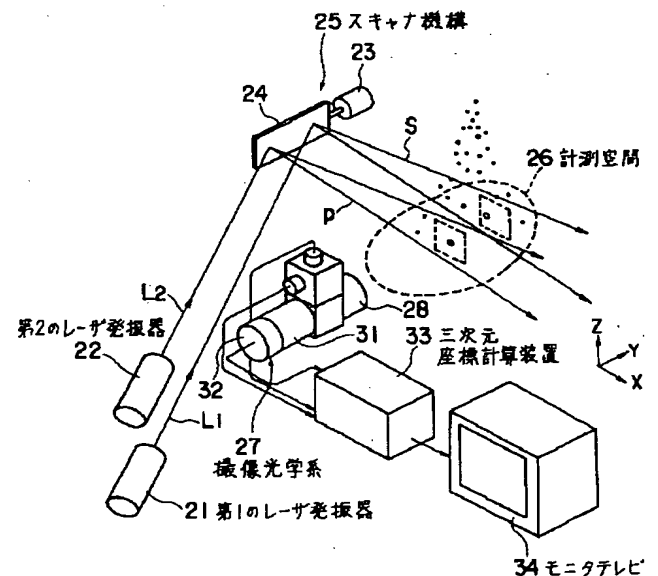
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 微粒子の挙動計測装置

(57)【要約】

【目的】 この発明は微粒子の移動方向や移動速度を感度よく確実に検出することができるようにした挙動検出装置を提供することを目的とする。

【構成】 波長の異なる少なくとも2つのレーザ光を放射するレーザ発振器21、22と、このレーザ発振器により放射された各レーザ光をそれぞれ平行な平面形状に成形して計測空間を照射させるスキャナ機構25と、上記計測空間を通過する微粒子からの散乱光を上記レーザ光の平面方向に対してほぼ直交する方向から波長別に受光して光電変換する光電変換素子36、37と、上記レーザ光の平面方向とほぼ直交する方向から見た上記微粒子の挙動を撮像する撮像光学系27と、この撮像光学系の撮像信号と上記光電変換素子からの光電変換信号によって上記微粒子の移動方向と速度を三次元的に求める三次元座標計算装置33とを具備したことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 計測空間を通過する微粒子の挙動を計測する計測装置において、波長の異なる少なくとも2つのレーザ光を放射する放射手段と、この放射手段により放射された各レーザ光をそれぞれ平行な平面形状に成形して上記計測空間を照射させるレーザ照射手段と、上記計測空間を通過する上記微粒子からの散乱光を上記レーザ光の平面方向に対してほぼ直交する方向から波長別に受光して光電変換する受光手段と、上記レーザ光の平面方向とほぼ直交する方向から見た上記微粒子の挙動を撮像する撮像手段と、この撮像手段の撮像信号と上記受光手段からの光電変換信号によって上記微粒子の移動方向と速度を三次元的に求める演算手段とを具備したことを特徴とする微粒子の挙動計測装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は微粒子の移動状態や速度を計測するために用いられる微粒子の挙動計測装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 たとえば、半導体の製造においては、半導体ウエハ上に1ミクロン程度の微粒子が付着しても、製造された半導体は不良品となる。そこで、半導体の製造工程で用いられる各種チャンバ内における微粒子の挙動を測定し、その移動方向から微粒子の発塵源を求め、対策を講じるということが行われている。

【0003】 図4は従来の微粒子の挙動計測装置を示す。この挙動計測装置は第1乃至第3のレーザ発振器1〜3を備えている。第1のレーザ発振器1は赤色のレーザ光を出力するHe-Neレーザで、第2のレーザ発振器2は緑色のレーザ光を出力するHe-Cdレーザであり、第3のレーザ発振器3は青色のレーザ光を出力するArレーザが用いられている。

【0004】 各レーザ発振器1〜3から出力されたレーザ光L1〜L3は、スキャナ機構4に入射する。つまり、スキャナ機構4はモータ5aおよびこのモータ5aによって揺動駆動される反射ミラー5bからなり、上記レーザ光L1〜L3は上記反射ミラー5bに入射して反射することで、同図に示す座標軸のZ軸方向に平行な平面形状のレーザ光、つまり平面レーザ光s、p、qに成形される。これら平面レーザ光s、p、qは図中破線で示す領域である、計測空間6を照射する。

【0005】 上記計測空間6は、上記各平面レーザ光s、p、qと垂直な方向、つまりY方向から撮像光学系7によって撮像される。この撮像光学系7は望遠レンズ8に高感度カラーカメラ9を接続してなる。この高感度カラーカメラ9の映像出力端子はVTR11の入力端子に接続され、このVTR11の映像出力端子はカラーモニター12の入力端子に接続されている。

【0006】 このような構成とすることで、上記計測空

間6にて、微粒子が上記各平面レーザ光s、p、qを通過する際、通過順にそれぞれ平面レーザ光と同一波長の散乱光を生じる。したがって、そのとき、撮像光学系7は各色の散乱光を順次撮像して映像信号として出力し、VTR11にて磁気テープに記録され、さらにカラーモニター12に画像として映し出される。それにより、カラーモニター12での出力色順およびその画像座標によって微粒子の移動量を三次元的に認識することができるになっている。

【0007】 しかしながら、このような構成によると、微粒子の挙動を検出するのにカラーカメラ9を用いなければならないから、その性能上、検出感度が低いということがあった。しかも、微粒子からの散乱光は微弱であるから、カラーカメラ9で良好に検出できず、検出精度を高めるには各レーザ発振器1〜3の出力を増大させなければならないということがある。

【0008】 また、微粒子の速度は、カラーカメラ9の走査線周波数によって求めなければならないから、速度が速い場合には確実に捕えることが難しいということがある。さらに映像信号をもとに処理を行うため、リアルタイム性に欠け、検出粒子個数の把握も困難なことがある。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】 このように、従来は微粒子の検出はカラーカメラを用いていたため、検出感度が低いということがあるばかりか、速度の速い微粒子を確実に検出できなかったり、映像信号をもとに処理を行うため、リアルタイム性に欠けるなどのことがあった。

【0010】 この発明は上記事情に基づきなされたもので、その目的とするところは、微粒子からの散乱光を感度よく検出できるようにして、微粒子の挙動の検出精度を向上させることができるようにした微粒子の挙動計測装置を提供することにある。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するためにこの発明は、計測空間を通過する微粒子の挙動を計測する計測装置において、波長の異なる少なくとも2つのレーザ光を放射する放射手段と、この放射手段により放射された各レーザ光をそれぞれ平行な平面形状に成形して上記計測空間を照射させるレーザ照射手段と、上記計測空間を通過する上記微粒子からの散乱光を上記レーザ光の平面方向に対してほぼ直交する方向から波長別に受光して光電変換する受光手段と、上記レーザ光の平面方向とほぼ直交する方向から見た上記微粒子の挙動を撮像する撮像手段と、この撮像手段の撮像信号と上記受光手段からの光電変換信号によって上記微粒子の移動方向と速度を三次元的に求める演算手段とを具備したことを特徴とする。

## 【0012】

【作用】上記構成によれば、微粒子からの散乱光は、光電変換されて検出され、その光電変換信号と撮像信号とによって上記微粒子の挙動および速度が算出されるため、カラーカメラによる映像信号の場合に比べて検出感度や精度を向上させることができる。

#### 【0013】

【実施例】以下、この発明の一実施例を図1乃至図3を参照して説明する。図1に示す挙動計測装置はそれぞれ異なる波長のレーザ光L1、L2を発振する第1のレーザ発振器21と、第2のレーザ発振器22とを備えている。これらレーザ発振器21、22から発振出力されたレーザ光L1、L2はモータ23によって揺動駆動されるスキャナ機構25のミラー24に入射して反射することで、同図に示す座標軸のZ方向に平行な平面形状のレーザ光、つまり第1、第2の平面レーザ光s、pに成形される。これら平面レーザ光s、pは図中破線で示す領域である、計測空間26を照射する。

【0014】上記計測空間26は、上記各平面レーザ光s、pと垂直な方向、つまりY方向から撮像光学系27によって撮像される。この撮像光学系27は望遠レンズ28を備えている。この望遠レンズ28には、微粒子が上記計測空間26における各平面レーザ光s、pを通過する際に生じる散乱光が入射する。

【0015】上記望遠レンズ28に入射した散乱光は図2に示すようにハーフミラー29によって2つに分割される。このハーフミラー29を通過した一方の散乱光はイメージインテンシファイヤ31に入射して増幅されたのち、撮像カメラ32によって撮像される。上記撮像カメラ32からの映像出力端子は三次元座標計算装置33およびモニタテレビ34の入力端子に接続されている。

【0016】上記ハーフミラー29で反射した散乱光は特定の波長のみ、たとえば第1の平面レーザ光sからの散乱光だけを反射し、第2の平面レーザ光pからの散乱光は透過するダイクロイックミラー35に入射する。このダイクロイックミラー35で反射した散乱光は第1の光電変換素子36で光電変換され、透過した散乱光は第2の光電変換素子37で光電変換される。

【0017】上記各光電変換素子36、37から出力される電気パルス信号（光電変換信号）は上記三次元座標計算装置33に入力される。この三次元座標計算装置33は、上記電気パルス信号と上記撮像カメラ32からの撮像信号とによって後述するごとく微粒子の移動速度を算出するようになっている。

【0018】つぎに、上記構成の計測装置によって微粒子の挙動を検出する手順を説明する。まず、第1、第2のレーザ発振器21、22を作動させてレーザ光L1、L2を発振出力し、これらレーザ光をスキャナ機構25のミラー24で反射させて計測空間26に第1の平面レーザ光sと第2の平面レーザ光pとを形成する。

【0019】上記計測空間26に微粒子が侵入し、その

微粒子が第1の平面レーザ光sと第2の平面レーザ光pとの間を、図3(a)と(b)に示すように通過した場合、その微粒子の移動距離および速度は上記三次元座標計算装置33によってつぎのように求められる。なお、図3(a)は図1に示す座標軸のX軸方向から見た、第1の平面レーザ光sと第2の平面レーザ光pとの間を微粒子が移動する状態を示し、図3(b)は撮像カメラ32が撮像したX-Z平面における微粒子の移動状態を示す。

【0020】まず、微粒子が第1の平面レーザ光sを通過したのち、第2のレーザ平面pを通過することで、各平面レーザ光s、pから散乱光が発生し、その散乱光が望遠レンズ28で捕えられてハーフミラー29に入射すると、このハーフミラー29を透過する散乱光と反射する散乱光とに分割される。透過した散乱光は、イメージインテンシファイヤ31で増幅されて撮像カメラ32で撮像されることで、図3(b)に示す撮像信号が三次元計算装置33に入力される。

【0021】上記撮像カメラ32からの撮像信号により、微粒子のX-Z平面における移動距離は、微粒子が第1の平面レーザ光sを通過する点をA点、第2の平面レーザ光pを通過する点をB点とすると、モニタテレビ34の画面上におけるA点からB点間での直線距離rは、上記A点の座標を(X<sub>A</sub>, Z<sub>A</sub>)、B点の座標を(X<sub>B</sub>, Z<sub>B</sub>)とした場合、A-B点間における水平方向の距離ΔXは(X<sub>A</sub> - X<sub>B</sub>)、垂直方向の距離ΔZは(Z<sub>A</sub> - Z<sub>B</sub>)であるから、

#### 【0022】

【数1】

$$r = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Z^2} \quad \dots(1)式$$

で求められる。上記第1の平面レーザ光sと上記第2の平面レーザ光pとの距離は既知であり、その距離をlとすると、上記微粒子の実移動距離l<sub>AB</sub>は、

#### 【0023】

【数2】

$$l_{AB} = \sqrt{l^2 + r^2} \quad \dots(2)式$$

で求められる。

【0024】一方、上記ハーフミラー29で反射した散乱光のうち、第1の平面レーザ光sからの散乱光はダイクロイックミラー35で反射して第1の光電変換素子36で光電変換され、三次元座標計算装置33に入力される。図3(c)は、このときの電気パルス信号を示し、その電気パルス信号の発生時間はt<sub>0</sub>として認識される。

【0025】上記微粒子が第2の平面レーザ光pを通過することで、散乱光が発生すると、その散乱光はダイクロイックミラー35を透過して第2の光電変換素子37で光電変換され、三次元座標計算装置33に入力され

10

20

30

40

50

る。このときの電気パルス信号の発生時間は $t_1$ として確認される。

【0026】このように、第1の平面レーザ光 $s$ から第2の平面レーザ光 $p$ を通過するまでの時間 $\Delta t = (t_1 - t_0)$ が電気パルス信号として検出されると、微粒子の速度 $v$ は、その実移動距離 $l_{AB}$ が上記(2)式より求められていることで、つぎのように算出される。

$$v = l_{AB} / \Delta t \quad \dots (3) \text{ 式}$$

【0027】このように、この発明によれば、カラーカメラを用いず、撮像カメラ32からの撮像信号と各波長の散乱光ごとに光電変換された電気パルス信号とによって微粒子の移動状態や速度を検出できるから、カラーカメラを用いた場合のように感度を上昇させるために各レーザ発振器21、22の出力を増大させる必要がない。また、微粒子が各平面レーザ光 $s$ 、 $p$ を通過したときの検出を光電変換素子36、37によって行うため、そのときの時間を高精度に検出することができ、それによって微粒子の移動速度も高精度に算出することができる。さらに、微粒子の移動速度は高速であっても、その散乱光を光電変換素子36、37により検出するため、その検出を確実にすることができる。

【0028】なお、この発明は上記一実施例に限定されず、種々変形可能である。たとえば、レーザ光の放射手段として複数のレーザ発振器を用いる代わりに、たとえばアルゴンイオンレーザのように1つの装置で複数の波長のレーザ光を発振する装置を用いるようにしてもよい。

【0029】また、レーザ光の放射手段としては、単一波長のレーザ光を非線形結晶に入射させることで高調波を発生させ、その高調波を含んだレーザ光をダイクロイ\*30

\*ックミラーにより波長分離して異なる波長の平面レーザ光を形成するようにしてもよい。また、平面レーザ光を形成する手段はスキャナ機構に代わり、レンズ等による構成で行うようにしてもよい。また、X-Z平面の撮像系と、散乱光を異なる波長ごとに検出する検出系とは分離した構成であってもよい。

#### 【0030】

【発明の効果】以上述べたようにこの発明は、撮像手段と、散乱光を波長別に検出して光電変換する光電変換手段とによって微粒子の移動状態や速度を算出するようにした。そのため、従来のようにカラーカメラを用いることなく、その計測を行えるから、レーザ光の出力を上げずに計測感度を高めることができるばかりか、その速度の検出も精度よく行えるなどの利点を有する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例の全体構成を示す斜視図。

【図2】同じく微粒子からの散乱光を撮像光学系と光電変換素子とに分割して導く光学系の構成図。

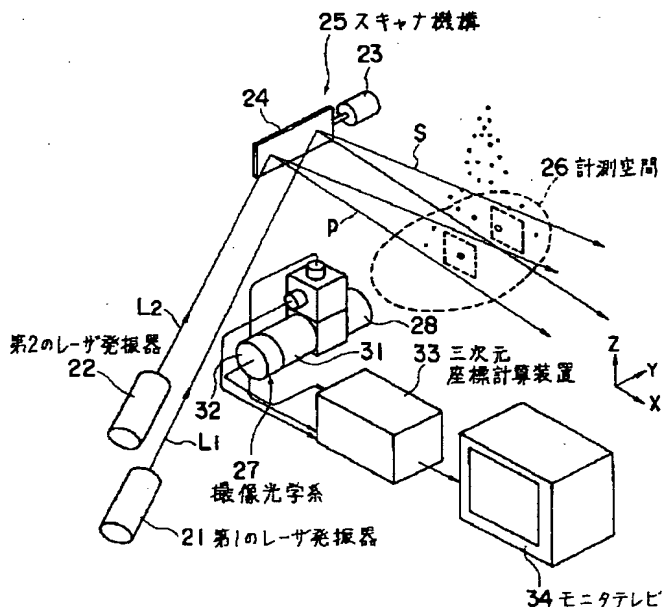
【図3】(a)と(b)はそれぞれ一對の平面レーザ光の間を微粒子が移動する状態を異なる方向から見た状態の説明図、(c)は第1の光電変換素子と第2の光電変換素子とから出力される電気パルス信号のタイミングチャート。

【図4】従来の装置の全体構成を示す斜視図。

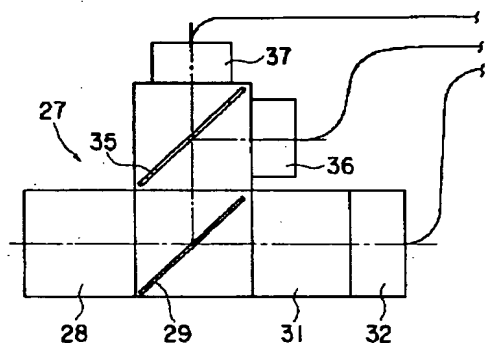
#### 【符号の説明】

21、22…第1、第2のレーザ発振器、25…スキャナ機構（レーザ照射手段）、27…撮像光学系（撮像手段）、33…三次元座標計算装置（演算手段）、36、37…第1、第2の光電変換素子（受光手段）。

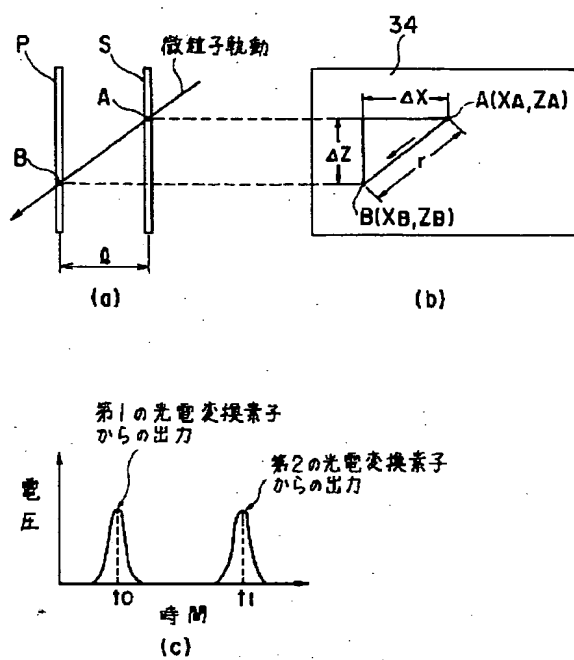
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

